

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-251123

(43)Date of publication of application : 06.09.2002

(51)Int.Cl.

G03H 1/22

G02B 7/00

(21)Application number : 2001-047445

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 22.02.2001

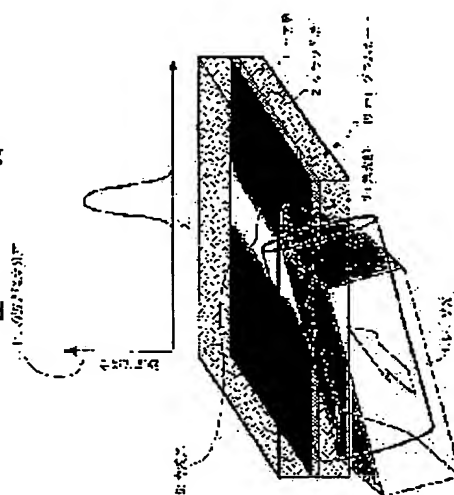
(72)Inventor : IMAI KANEYUKI  
YAGI IKUTAKE

(54) METHOD FOR ALIGNING HOLOGRAM INFORMATION RECORDING MEDIUM, PROGRAM THEREFOR, RECORDING MEDIUM, AND HOLOGRAM INFORMATION RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To automatically and precisely align a hologram information recording medium and the light entering in the waveguide of the hologram.

SOLUTION: The method includes steps (100, 101) of moving either the hologram information recording medium or the light incident on the information recording medium in the y-axis direction to adjust the position in the y-axis direction where the total power of the guided light is the maximum as the relative position in the y-axis direction, steps (102, 103) of moving either the information recording medium or the incident light moved in the y-axis direction in the z-axis direction to adjust the position in the z-axis direction where the peak width in the whole power distribution of the guided light is the minimum and steps (104 to 106) of moving either the information recording medium or the incident light in the y-axis direction, of determining the tilt angle  $\phi$ ; based on the moving distance in the y-axis direction and the moving direction and moving distance of the peak position in the intensity distribution of the guided light on the x-axis, and of adjusting the angle to make the tilt angle  $\phi$ ; zero.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-251123

(P2002-251123A)

(43) 公開日 平成14年9月6日 (2002.9.6)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 3 H 1/22		G 0 3 H 1/22	2 H 0 4 3
G 0 2 B 7/00		G 0 2 B 7/00	D 2 K 0 0 8

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2001-47445 (P2001-47445)

(22) 出願日 平成13年2月22日 (2001.2.22)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 今井 欽之

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 八木 生剛

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武

Fターム(参考) 2H043 AD02 AD11 AD20

2K008 AA04 AA13 CC00 CC03 EE07

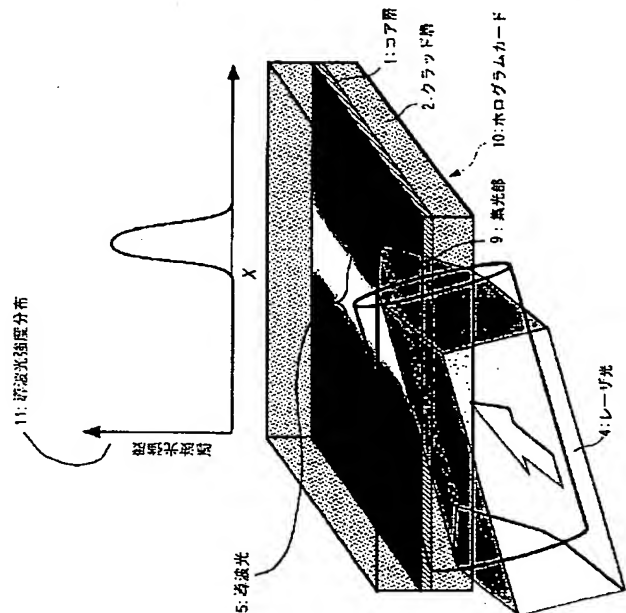
HH01 HH28

(54) 【発明の名称】 ホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法、そのプログラム、及び記録媒体並びにホログラム情報記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 ホログラム情報記録媒体と、ホログラムの導波路に入射される光との位置合わせを自動的に、かつ精密に行うこと。

【解決手段】 ホログラム情報記録媒体と該情報記録媒体への入射光とのうち一方をy軸方向に移動し導波光の全パワーが最大となるy軸方向の位置をy軸方向の相対位置として位置調整を行うステップ(100、101)と、このy軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の一方をz軸方向に移動させ、前記導波光の全パワー分布のピーク幅が最小となるz軸方向の位置調整を行うステップ(102、103)と、前記情報記録媒体、または前記入射光のいずれかをy軸方向に移動させ、このy軸方向の移動量、前記導波光の強度分布におけるピーク位置のx軸上における移動方向及び移動量に基づいて傾斜角 $\phi$ を求め、該傾斜角 $\phi$ が零となるように角度調整を行う第4のステップ(104~106)とを有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法であって、  
前記導波光の進行方向を  $x y z$  直交座標系の  $z$  軸とし、前記平面導波路の法線方向を  $y$  軸とし、 $z$  軸と  $y$  軸との双方に垂直な方向を  $x$  軸としたときに、  
前記情報記録媒体、または前記入射光のうち一方を  $y$  軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の  $y$  軸方向の移動量、前記導波光または回折光の強度分布におけるピーク位置の  $x$  軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである  $z$  軸を中心とする回転角  $\phi$  を求め、該回転角  $\phi$  が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行うことを特徴とするホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法。

【請求項 2】 平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法であって、  
前記導波光の進行方向を  $x y z$  直交座標系の  $z$  軸とし、前記平面導波路の法線方向を  $y$  軸とし、 $z$  軸と  $y$  軸との双方に垂直な方向を  $x$  軸としたときに、  
前記情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光とのうち一方を  $y$  軸方向に移動し、前記導波光の全パワーを求め、該導波光の全パワーが最大となる  $y$  軸方向の位置を、 $y$  軸方向に移動させた前記情報記録媒体または、前記入射光のうちいずれかの  $y$  軸方向の相対位置として  $y$  軸方向の位置調整を行う第 1 のステップと、  
前記第 1 のステップで  $y$  軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の一方の  $y$  軸方向の移動に伴う導波光の全パワーの変化曲線を測定し、その曲線のピークの中心位置、幅、高さを誤差関数にフィッティングすることにより求める第 2 のステップと、  
前記情報記録媒体、または前記入射光を  $z$  軸方向に所定量、移動させる毎に前記第 2 のステップの処理を行い、

前記誤差関数のフィッティングにより求めた前記変化曲線のピーク幅の大小比較を行い、前記ピーク幅が最小となる  $z$  軸上の位置を、前記  $z$  軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の  $z$  軸方向の相対位置として  $z$  軸方向の位置調整を行う第 3 のステップと、  
前記情報記録媒体、または前記入射光のうち一方を  $y$  軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の  $y$  軸方向の移動量、前記導波光の強度分布におけるピーク位置の  $x$  軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである  $z$  軸を中心とする回転角  $\phi$  を求め、該回転角  $\phi$  が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う第 4 のステップと、  
を有することを特徴とするホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法。

【請求項 3】 平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法であって、  
前記ホログラム情報記録媒体における導波路の少なくとも一つに、前記導波路内を伝搬する導波光の強度分布を観測するための導波光強度分布観測用ホログラムを予め記録しておき、  
前記導波光の進行方向を  $x y z$  直交座標系の  $z$  軸とし、前記平面導波路の法線方向を  $y$  軸とし、 $z$  軸と  $y$  軸との双方に垂直な方向を  $x$  軸としたときに、  
前記情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光とのうち一方を  $y$  軸方向に移動させ、この  $y$  軸方向の移動量に対する、前記導波光強度分布観測用ホログラムの再生像が結像される結像面において観測される回折光の全パワーを求め、該回折光の全パワーが最大となる  $y$  軸方向の位置を、 $y$  軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光のうちいずれかの  $y$  軸方向の相対位置として  $y$  軸方向の位置調整を行う第 1 のステップと、  
前記第 1 のステップで  $y$  軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の一方の  $y$  軸方向の移動に伴う前記回折光の全パワーの変化曲線を測定し、その曲線のピークの中心位置、幅、高さを誤差関数にフィッティングすることにより求める第 2 のステップと、  
前記情報記録媒体、または前記入射光を  $z$  軸方向に所定量、移動させる毎に前記第 2 のステップの処理を行い、  
前記誤差関数のフィッティングにより求めた前記変化曲線のピーク幅の大小比較を行い、前記ピーク幅が最小と

なる  $z$  軸上の位置を、前記  $z$  軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の  $z$  軸方向の相対位置として  $z$  軸方向の位置調整を行う第 3 のステップと、前記情報記録媒体と前記入射光とのうち一方を  $y$  軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の  $y$  軸方向の移動量、前記回折光の変化曲線におけるピーク位置の  $x$  軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである  $z$  軸を中心とする回転角  $\phi$  を求め、該回転角  $\phi$  が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う第 4 のステップと、

を有することを特徴とするホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法。  
 【請求項 4】 平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予め情報記録用ホログラムが作製され、かつ前記平面導波路の少なくとも一つに、前記導波路内を伝搬する導波光の強度分布を観測するための導波光強度分布観測用ホログラムが予め記録されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記情報

記録用ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記情報記録用ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うための、コンピュータにより実行されるホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムであって、該プログラムは、

前記導波光の進行方向を  $x y z$  直交座標系の  $z$  軸とし、前記平面導波路の法線方向を  $y$  軸とし、 $z$  軸と  $y$  軸との双方に垂直な方向を  $x$  軸としたときに、コンピュータのメモリに導波光強度の  $y$  軸方向の測定開始位置  $y_0$  と、前記情報記録媒体と前記入射光とのうち一方の  $y$  軸方向への移動ステップ  $\Delta y$  とを初期設定する第 1 の処理と、

前記メモリより前記初期設定値を読み出し、前記情報記録媒体と前記入射光とのうちいずれか一方を前記測定開始位置  $y_0$  に移動させ、該測定開始位置  $y_0$  から  $y$  軸方向に移動ステップ  $\Delta y$  だけ移動する毎に導波光強度分布観測用ホログラムから得られる結像面上での回折光のパワー  $P$  を演算する第 2 の処理と、

第 2 の処理により得られた  $y$  軸方向の各測定位置と前記回折光のパワー  $P$  の値との関係から前記回折光のパワーの変化曲線におけるピークの中心位置  $y_p$ 、ピーク幅  $2w$  及び高さ  $A$  を求める第 3 の処理と、前記情報記録媒体と前記入射光とのうちいずれか一方の  $z$  軸方向への移動と、前記第 2、第 3 の処理とを繰り返し行うことにより  $w$  が最小となるように前記  $z$  軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の  $z$  軸方向への移動調整を行う第 4 の処理と、

前記  $z$  軸方向への移動調整を行った前記情報記録媒体、または前記入射光について測定開始位置  $y_0$  より  $y$  軸方向に  $\Delta y$  だけ移動する毎に前記導波光強度分布観測用ホログラムからの回折光の結像面内での  $x$  軸方向の強度分布  $J(x)$  を求め、次いで  $x$  軸方向の各測定位置に対する前記強度分布  $J(x)$  との関係性を求め、これを誤差関数にフィッティングさせ、強度分布  $J(x)$  のピーク値  $x_{p,0}, x_{p,1}, \dots, x_{p,M}$  を得る第 5 の処理と、

前記  $z$  軸方向への移動調整を行った前記情報記録媒体、または前記入射光を、 $y$  軸方向に  $\Delta y$  だけ移動する毎に第 5 の処理で得られた誤差関数から得られる前記回折光の  $x$  軸方向の強度分布  $J(x)$  のピーク値が得られる  $x$  軸上の位置  $x_{p,0}, x_{p,1}, \dots, x_{p,M}$  と、対応する  $y$  軸方向の測定位置  $y_0, y_0 + \Delta y, \dots, y_0 + M\Delta y$  との関係性を示す特性曲線を求める第 6 の処理と、

第 6 の処理により得られた特性曲線の傾きから前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである  $z$  軸を中心とする回転角  $\phi$  を求め、該回転角  $\phi$  が零になるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う第 7 の処理と、

からなることを特徴とするプログラム。

【請求項 5】 平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予め情報記録用ホログラムが作製され、かつ前記平面導波路の少なくとも一つに、前記導波路内を伝搬する導波光の強度分布を観測するための導波光強度分布観測用ホログラムが予め記録されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記情報記録用ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記情報記録用ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うためのホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体において、

該プログラムは、

前記導波光の進行方向を  $x y z$  直交座標系の  $z$  軸とし、前記平面導波路の法線方向を  $y$  軸とし、 $z$  軸と  $y$  軸との双方に垂直な方向を  $x$  軸としたときに、

コンピュータのメモリに導波光強度の  $y$  軸方向の測定開始位置  $y_0$  と、前記情報記録媒体と前記入射光とのうち一方の  $y$  軸方向への移動ステップ  $\Delta y$  とを初期設定する第 1 の処理と、

前記メモリより前記初期設定値を読み出し、前記情報記録媒体と前記入射光とのうちいずれか一方を前記測定開始位置  $y_0$  に移動させ、該測定開始位置  $y_0$  から  $y$  軸方向に移動ステップ  $\Delta y$  だけ移動する毎に導波光強度分布観測用ホログラムから得られる結像面上での回折光のパワー  $P$  を演算する第 2 の処理と、

第2の処理により得られた $y$ 軸方向の各測定位置と前記回折光のパワー $P$ の値との関係から前記回折光のパワーの変化曲線におけるピークの中心位置 $y_p$ 、ピーク幅 $2w$ 及び高さ $A$ を求める第3の処理と、  
 前記情報記録媒体と前記入射光とのうちいずれか一方の $z$ 軸方向への移動と、前記第2、第3の処理とを繰り返し行うことにより $w$ が最小となるように前記 $z$ 軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の $z$ 軸方向への移動調整を行う第4の処理と、  
 前記 $z$ 軸方向への移動調整を行った前記情報記録媒体、または前記入射光について測定開始位置 $y_0$ より $y$ 軸方向に $\Delta y$ だけ移動する毎に前記導波光強度分布観測用ホログラムからの回折光の結像面内での $x$ 軸方向の強度 $J(x)$ を求め、次いで $x$ 軸方向の各測定位置に対する前記強度 $J(x)$ との関係を求め、これを誤差関数にフィッティングさせ、強度分布 $J(x)$ のピーク値 $x_{p,0}$ 、 $x_{p,1}$ 、 $\dots$ 、 $x_{p,M}$ を得る第5の処理と、  
 前記 $z$ 軸方向への移動調整を行った前記情報記録媒体、または前記入射光を、 $y$ 軸方向に $\Delta y$ だけ移動する毎に第5の処理で得られた誤差関数から得られる前記回折光の $x$ 軸方向の強度分布 $J(x)$ のピーク値が得られる $x$ 軸上の位置 $x_{p,0}$ 、 $x_{p,1}$ 、 $\dots$ 、 $x_{p,M}$ と、対応する $y$ 軸方向の測定位置 $y_0$ 、 $y_0 + \Delta y$ 、 $\dots$ 、 $y_0 + M\Delta y$ との関係を示す特性曲線を求める第6の処理と、  
 第6の処理により得られた特性曲線の傾きから前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである $z$ 軸を中心とする回転角 $\phi$ を求め、該回転角 $\phi$ が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う第7の処理と、をコンピュータに実行させるホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムを記録した記録媒体。  
 【請求項6】 平面導波路が多層に積層されたホログラム情報記録媒体において、  
 前記平面導波路の少なくとも一つに、前記平面導波路内を伝搬する導波光の強度分布を測定するためのホログラムを有することを特徴とするホログラム情報記録媒体。  
 【請求項7】 前記平面導波路を伝搬する導波光の進行方向を $x y z$ 直交座標系の $z$ 軸とし、前記平面導波路の法線方向を $y$ 軸とし、 $z$ 軸と $y$ 軸との双方に垂直な方向を $x$ 軸としたときに、前記ホログラムは、 $x$ 軸方向における前記導波光の強度分布が一定であるときに前記ホログラムの回折光の $x$ 軸方向における強度分布が、一定であることを特徴とする請求項6に記載のホログラム情報記録媒体。  
 【請求項8】 前記ホログラムは、該ホログラムが属する平面導波路に光源からの出射光が入射された際に結像面上に $x$ 軸方向に平行で直線状の再生像を生成することを特徴とする請求項7に記載のホログラム情報記録媒体。  
 【請求項9】 面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路

に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うための、コンピュータにより実行されるホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムであって、  
 該プログラムは、  
 前記導波光の進行方向を $x y z$ 直交座標系の $z$ 軸とし、前記平面導波路の法線方向を $y$ 軸とし、 $z$ 軸と $y$ 軸との双方に垂直な方向を $x$ 軸としたときに、  
 前記情報記録媒体、または前記入射光のうち一方を $y$ 軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の $y$ 軸方向の移動量、前記導波光または回折光の強度分布におけるピーク位置の $x$ 軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである $z$ 軸を中心とする回転角 $\phi$ を求め、該回転角 $\phi$ が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う機能をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。  
 【請求項10】 面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うためのホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体において、  
 該プログラムは、  
 前記導波光の進行方向を $x y z$ 直交座標系の $z$ 軸とし、前記平面導波路の法線方向を $y$ 軸とし、 $z$ 軸と $y$ 軸との双方に垂直な方向を $x$ 軸としたときに、  
 前記情報記録媒体、または前記入射光のうち一方を $y$ 軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の $y$ 軸方向の移動量、前記導波光または回折光の強度分布におけるピーク位置の $x$ 軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである $z$ 軸を中心とする回転角 $\phi$ を求め、該回転角 $\phi$ が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う機能をコンピュータに実行させる位置合わせプログラムを記録した記録媒体。  
 【発明の詳細な説明】  
 【0001】  
 【発明の属する技術分野】本発明は、再生専用のホログラム情報記録媒体に係り、特に磁気カードやICカードのように、持ち運び容易なメモリカードとしての利用に

好適な再生専用の、ホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法、そのプログラム及び記録媒体、並びにホログラム情報記録媒体に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】従来、持ち運びが可能であって、安価且つ偽造の危険性が少ない情報記録媒体として、再生専用多重ホログラムカード（以下ホログラムカードと略記する）10が考案されている。図1はホログラムカードの断面構造と情報再生の原理を説明する図である。ホログラムカード10は、屈折率の高い層（コア層1と称する）と屈折率の低い層（クラッド層2と称する）を交互に積層した構造で特徴づけられる。図1に示されているように、レンズ3で絞り込んだレーザ光4を、このホログラムカード10の側方端面に照射すると、光はコア層1近傍に閉じ込められてホログラムカード10内を進行する。この光を導波光5と称し、導波光5の光エネルギーが集中するコア層1近傍の領域をスラブ導波路または単に導波路と称する。1つの導波路は1つのコア層1と隣接するクラッド層2の一部を含む。

【0003】ホログラムカード10は、各導波路がホログラムを備えることをもう一つの特徴としている。導波路を伝搬する導波光5は、あらかじめ作り込まれた散乱要因6によって導波路外へ散乱されるが、散乱要因6は全体としてホログラムとして機能するように設計されており、このために散乱光は互いに干渉し、全体としてはホログラムカード10の上方向または下方向に進み、ホログラムカード10外の一平面内で像を結ぶ光となる。この光を回折光7、像を再生画像（ホログラム像）8、画像が再生される平面を結像面と称する。ホログラム像8は導波路内のホログラムの情報を含んでおり、この像をCCD等の撮像素子で観測することにより、情報読み出しを行う。さらに、レンズ3によるレーザ光4の絞り込みが適切であれば、導波路のうちの一つのみに導波光を伝搬させることができるため、各導波路に作り込まれたホログラム情報を独立に読み出すことができる。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、ホログラムカード10では積層された各導波路に付随するホログラム情報を独立に読み出すことができる。ただし、このためにはホログラムカード10と光源からホログラムカード10の導波路に入射される光との位置合わせを精密に行うことが不可欠である。この位置合わせが適切でない場合、導波路外へ光が漏れたり隣の導波路にも光が導波したりするため、ホログラム像8が暗くなり、他の層の像が重なってしまったりと、シグナル／ノイズ比が悪くなる、あるいは、ホログラム像にデジタル情報を載せて用いる場合は誤り発生頻度が高くなってしまいうという問題が有った。誤り発生頻度が高くなるということとは、情報容量の減少を意味する。

【0005】本発明は、このような事情に鑑みてなされ

たものであり、ホログラム情報記録媒体と、光源からホログラムの導波路に入射される光との位置合わせを自動的に、かつ精密に行うことができる、ホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法、そのプログラム、及びプログラム記録媒体並びにホログラム情報記録媒体を提供することを目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1に記載の発明は、平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法であって、前記導波光の進行方向を $x$   $y$   $z$  直交座標系の $z$ 軸とし、前記平面導波路の法線方向を $y$ 軸とし、 $z$ 軸と $y$ 軸との双方に垂直な方向を $x$ 軸としたときに、前記情報記録媒体、または前記入射光のうち一方を $y$ 軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の $y$ 軸方向の移動量、前記導波光または回折光の強度分布におけるピーク位置の $x$ 軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである $z$ 軸を中心とする回転角 $\phi$ を求め、該回転角 $\phi$ が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行うことを特徴とする。

【0007】請求項2に記載の発明は、平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法であって、前記導波光の進行方向を $x$   $y$   $z$  直交座標系の $z$ 軸とし、前記平面導波路の法線方向を $y$ 軸とし、 $z$ 軸と $y$ 軸との双方に垂直な方向を $x$ 軸としたときに、前記情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光とのうち一方を $y$ 軸方向に移動し、前記導波光の全パワーを求め、該導波光の全パワーが最大となる $y$ 軸方向の位置を、 $y$ 軸方向に移動させた前記情報記録媒体または、前記入射光のうちいずれかの $y$ 軸方向の相対位置として $y$ 軸方向の位置調整を行う第1のステップと、前記第1のステップで $y$ 軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の一方の $y$ 軸方向の移動に伴う



導波光の全パワーの変化曲線を測定し、その曲線のピークの中心位置、幅、高さを誤差関数にフィッティングすることにより求める第2のステップと、前記情報記録媒体、または前記入射光を $z$ 軸方向に所定量、移動させる毎に前記第2のステップの処理を行い、前記誤差関数のフィッティングにより求めた前記変化曲線のピーク幅の大小比較を行い、前記ピーク幅が最小となる $z$ 軸上の位置を、前記 $z$ 軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の $z$ 軸方向の相対位置として $z$ 軸方向の位置調整を行う第3のステップと、前記情報記録媒体、または前記入射光のうち一方を $y$ 軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の $y$ 軸方向の移動量、前記導波光の強度分布におけるピーク位置の $x$ 軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである $z$ 軸を中心とする回転角 $\phi$ を求め、該回転角 $\phi$ が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う第4のステップとを有することを特徴とする。

【0008】請求項3に記載の発明は、平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法であって、前記ホログラム情報記録媒体における導波路の少なくとも一つに、前記導波路内を伝搬する導波光の強度分布を観測するための導波光強度分布観測用ホログラムを予め記録しておき、前記導波光の進行方向を $x$  $y$  $z$ 直交座標系の $z$ 軸とし、前記平面導波路の法線方向を $y$ 軸とし、 $z$ 軸と $y$ 軸との双方に垂直な方向を $x$ 軸としたときに、前記情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光のうち一方を $y$ 軸方向に移動させ、この $y$ 軸方向の移動量に対する、前記導波光強度分布観測用ホログラムの再生像が結像される結像面において観測される回折光の全パワーを求め、該回折光の全パワーが最大となる $y$ 軸方向の位置を、 $y$ 軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光のうちいずれかの $y$ 軸方向の相対位置として $y$ 軸方向の位置調整を行う第1のステップと、前記第1のステップで $y$ 軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の一方の $y$ 軸方向の移動に伴う前記回折光の全パワーの変化曲線を測定し、その曲線のピークの中心位置、幅、高さを誤差関数にフィッティングすることにより求める第2のステップと、前記情報記録媒体、または前記入射光を $z$ 軸方向に所定量、移動させる毎に前記第2のステップの処理を行い、前記誤差関数のフィッティングにより求

めた前記変化曲線のピーク幅の大小比較を行い、前記ピーク幅が最小となる $z$ 軸上の位置を、前記 $z$ 軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の $z$ 軸方向の相対位置として $z$ 軸方向の位置調整を行う第3のステップと、前記情報記録媒体と前記入射光とのうち一方を $y$ 軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の $y$ 軸方向の移動量、前記回折光の変化曲線におけるピーク位置の $x$ 軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである $z$ 軸を中心とする回転角 $\phi$ を求め、該回転角 $\phi$ が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う第4のステップとを有することを特徴とする。

【0009】請求項4に記載の発明は、平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予め情報記録用ホログラムが作製され、かつ前記平面導波路の少なくとも一つに、前記導波路内を伝搬する導波光の強度分布を観測するための導波光強度分布観測用ホログラムが予め記録されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記情報記録用ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記情報記録用ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うための、コンピュータにより実行されるホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムであって、該プログラムは、前記導波光の進行方向を $x$  $y$  $z$ 直交座標系の $z$ 軸とし、前記平面導波路の法線方向を $y$ 軸とし、 $z$ 軸と $y$ 軸との双方に垂直な方向を $x$ 軸としたときに、コンピュータのメモリに導波光強度の $y$ 軸方向の測定開始位置 $y_0$ と、前記情報記録媒体と前記入射光とのうち一方の $y$ 軸方向への移動ステップ $\Delta y$ とを初期設定する第1の処理と、前記メモリより前記初期設定値を読み出し、前記情報記録媒体と前記入射光とのうちいずれか一方を前記測定開始位置 $y_0$ に移動させ、該測定開始位置 $y_0$ から $y$ 軸方向に移動ステップ $\Delta y$ だけ移動する毎に導波光強度分布観測用ホログラムから得られる結像面上での回折光のパワー $P$ を演算する第2の処理と、第2の処理により得られた $y$ 軸方向の各測定位置と前記回折光のパワー $P$ の値との関係から前記回折光のパワーの変化曲線におけるピークの中心位置 $y_p$ 、ピーク幅 $2w$ 及び高さ $A$ を求める第3の処理と、前記情報記録媒体と前記入射光とのうちいずれか一方の $z$ 軸方向への移動と、前記第2、第3の処理とを繰り返すことにより $w$ が最小となるように前記 $z$ 軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の $z$ 軸方向への移動調整を行う第4の処理と、前記 $z$ 軸方向への移動調整を行った前記情報記録媒体、または前記入射光について測定開始位置 $y_0$ より $y$ 軸方向に $\Delta y$ だけ移動す



る毎に前記導波光強度分布観測用ホログラムからの回折光の結像面内での $x$ 軸方向の強度分布 $J(x)$ を求め、次いで $x$ 軸方向の各測定位置に対する前記強度分布 $J(x)$ との関係を求め、これを誤差関数にフィッティングさせ、強度分布 $J(x)$ のピーク値 $x_{p,0}$ 、 $x_{p,1}$ 、 $\dots$ 、 $x_{p,M}$ を得る第5の処理と、前記 $z$ 軸方向への移動調整を行った前記情報記録媒体、または前記入射光を、 $y$ 軸方向に $\Delta y$ だけ移動する毎に第5の処理で得られた誤差関数から得られる前記回折光の $x$ 軸方向の強度分布 $J(x)$ のピーク値が得られる $x$ 軸上の位置 $x_{p,0}$ 、 $x_{p,1}$ 、 $\dots$ 、 $x_{p,M}$ と、対応する $y$ 軸方向の測定位置 $y_0$ 、 $y_0 + \Delta y$ 、 $\dots$ 、 $y_0 + M\Delta y$ との関係を示す特性曲線を求める第6の処理と、第6の処理により得られた特性曲線の傾きから前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである $z$ 軸を中心とする回転角 $\phi$ を求め、該回転角 $\phi$ が零になるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う第7の処理と、からなることを特徴とする。

【0010】請求項5に記載の発明は、平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予め情報記録用ホログラムが作製され、かつ前記平面導波路の少なくとも一つに、前記導波路内を伝搬する導波光の強度分布を観測するための導波光強度分布観測用ホログラムが予め記録されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記情報記録用ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記情報記録用ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うためのホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体において、該プログラムは、前記導波光の進行方向を $x$   $y$   $z$ 直交座標系の $z$ 軸とし、前記平面導波路の法線方向を $y$ 軸とし、 $z$ 軸と $y$ 軸との双方に垂直な方向を $x$ 軸としたときに、コンピュータのメモリに導波光強度の $y$ 軸方向の測定開始位置 $y_0$ と、前記情報記録媒体と前記入射光とのうち一方の $y$ 軸方向への移動ステップ $\Delta y$ とを初期設定する第1の処理と、前記メモリより前記初期設定値を読み出し、前記情報記録媒体と前記入射光とのうちいずれか一方を前記測定開始位置 $y_0$ に移動させ、該測定開始位置 $y_0$ から $y$ 軸方向に移動ステップ $\Delta y$ だけ移動する毎に導波光強度分布観測用ホログラムから得られる結像面上での回折光のパワー $P$ を演算する第2の処理と、第2の処理により得られた $y$ 軸方向の各測定位置と前記回折光のパワー $P$ の値との関係から前記回折光のパワーの変化曲線におけるピークの中心位置 $y_p$ 、ピーク幅 $2w$ 及び高さ $A$ を求める第3の処理と、前記情報記録媒体と前記入射光とのうちいずれか一方の $z$ 軸方向への移動と、前記第2、第3の処

理とを繰り返し行うことにより $w$ が最小となるように前記 $z$ 軸方向に移動させた前記情報記録媒体、または前記入射光の $z$ 軸方向への移動調整を行う第4の処理と、前記 $z$ 軸方向への移動調整を行った前記情報記録媒体、または前記入射光について測定開始位置 $y_0$ より $y$ 軸方向に $\Delta y$ だけ移動する毎に前記導波光強度分布観測用ホログラムからの回折光の結像面内での $x$ 軸方向の強度 $J(x)$ を求め、次いで $x$ 軸方向の各測定位置に対する前記強度 $J(x)$ との関係を求め、これを誤差関数にフィッティングさせ、強度分布 $J(x)$ のピーク値 $x_{p,0}$ 、 $x_{p,1}$ 、 $\dots$ 、 $x_{p,M}$ を得る第5の処理と、前記 $z$ 軸方向への移動調整を行った前記情報記録媒体、または前記入射光を、 $y$ 軸方向に $\Delta y$ だけ移動する毎に第5の処理で得られた誤差関数から得られる前記回折光の $x$ 軸方向の強度分布 $J(x)$ のピーク値が得られる $x$ 軸上の位置 $x_{p,0}$ 、 $x_{p,1}$ 、 $\dots$ 、 $x_{p,M}$ と、対応する $y$ 軸方向の測定位置 $y_0$ 、 $y_0 + \Delta y$ 、 $\dots$ 、 $y_0 + M\Delta y$ との関係を示す特性曲線を求める第6の処理と、第6の処理により得られた特性曲線の傾きから前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである $z$ 軸を中心とする回転角 $\phi$ を求め、該回転角 $\phi$ が零になるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う第7の処理と、をコンピュータに実行させるホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムを記録したことを特徴とする。

【0011】請求項6に記載の発明は、平面導波路が多層に積層されたホログラム情報記録媒体において、前記平面導波路の少なくとも一つに、前記平面導波路内を伝搬する導波光の強度分布を測定するためのホログラムを有することを特徴とする。

【0012】請求項7に記載の発明は、請求項6に記載のホログラム情報記録媒体において、前記平面導波路を伝搬する導波光の進行方向を $x$   $y$   $z$ 直交座標系の $z$ 軸とし、前記平面導波路の法線方向を $y$ 軸とし、 $z$ 軸と $y$ 軸との双方に垂直な方向を $x$ 軸としたときに、前記ホログラムは、 $x$ 軸方向における前記導波光の強度分布が一定であるときに前記ホログラムの回折光の $x$ 軸方向における強度分布が、一定であることを特徴とする。

【0013】請求項8に記載の発明は、請求項7に記載のホログラム情報記録媒体において、前記ホログラムは、該ホログラムが属する平面導波路に光源からの出射光が入射された際に結像面上に $x$ 軸方向に平行で直線状の再生像を生成することを特徴とする。

【0014】請求項9に記載の発明は、面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記

光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うための、コンピュータにより実行されるホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムであって、前記導波光の進行方向を  $x$   $y$   $z$  直交座標系の  $z$  軸とし、前記平面導波路の法線方向を  $y$  軸とし、 $z$  軸と  $y$  軸との双方に垂直な方向を  $x$  軸としたときに、該プログラムは、前記情報記録媒体、または前記入射光のうち一方を  $y$  軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の  $y$  軸方向の移動量、前記導波光または回折光の強度分布におけるピーク位置の  $x$  軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである  $z$  軸を中心とする回転角  $\phi$  を求め、該回転角  $\phi$  が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う機能をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0015】請求項 10 に記載の発明は、平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うためのホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体において、前記導波光の進行方向を  $x$   $y$   $z$  直交座標系の  $z$  軸とし、前記平面導波路の法線方向を  $y$  軸とし、 $z$  軸と  $y$  軸との双方に垂直な方向を  $x$  軸としたときに、該プログラムは、前記情報記録媒体、または前記入射光のうち一方を  $y$  軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の  $y$  軸方向の移動量、前記導波光または回折光の強度分布におけるピーク位置の  $x$  軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである  $z$  軸を中心とする回転角  $\phi$  を求め、該回転角  $\phi$  が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う機能をコンピュータに実行させる位置合わせプログラムを記録したことを特徴とする。

【0016】本発明によれば、平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うに際し、前記導波光の進行方向を  $x$   $y$   $z$  直交座標系の  $z$  軸とし、前記平面導波路の法線方向を  $y$  軸とし、 $z$  軸

と  $y$  軸との双方に垂直な方向を  $x$  軸としたときに、前記情報記録媒体、または前記入射光のうち一方を  $y$  軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の  $y$  軸方向の移動量、前記導波光または回折光の強度分布におけるピーク位置の  $x$  軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである  $z$  軸を中心とする回転角  $\phi$  を求め、該回転角  $\phi$  が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行うようにしたので、ホログラム情報記録媒体と、光源からホログラムの導波路に入射される光との位置合わせを自動的に、かつ精密に行うことができ、それゆえ再生画像の劣化が防止され、またはデジタル情報の誤り発生を著しく抑制することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。図 1 で説明したホログラムカードでは、導波路への光の導入方法については特に規定されていない。しかし、実際にはシリンドリカルレンズなどを用いて発生させた円筒波面のレーザ光を用いる方法が、ホログラム作成や、ホログラムカードと光源からホログラムカードへの入射光との位置合わせを行う点で便利であるため、よく使用される。図 2 は、この方法について説明する図である。この図では、予め組み合わせレンズなどからなるコリメータを用いて平行光線としたレーザ光を想定している。従って、レーザ光 4 は平面波である。レーザ光 4 を凸シリンドリカルレンズ 3 A に入射すると、この光の波面は円筒状に変換され、図 2 のように一定の焦点距離だけ離れた位置（集光部 8）に直線状に集光する。

【0018】この時の直線状の集光部 8 を、ホログラムカード 10 の端面のコア層が露出している部分にぴったりと合わせると、光エネルギーをうまく導波路に導入できる。言い換えると、光を効率よく導波路へ結合させることができる。（なお、図 2 は理解の便宜のために誇張して描かれている。実際には、コア層は  $\mu\text{m}$  オーダーの厚さしかなく、集光部 8 の線幅も同程度である。また、コア層は 1 層のみを残して他は省略している。）このような理想的な結合を行うためにはホログラムカード 10 または光源を動かして相対位置を調整する必要がある。位置合わせの必要なパラメータは、図示のような  $x$ 、 $y$ 、 $z$  方向の平行移動の他、 $x$  軸を中心とした回転角  $\phi$ 、 $y$  軸を中心とした回転角  $\theta$ 、 $z$  軸を中心とした回転角  $\phi$  の 6 つである。ただし、このうち  $x$  方向、 $\phi$  方向、 $\theta$  方向はホログラム像生成に与える影響は小さいために、動的な位置制御を必要としないことが多く、以降では  $y$ 、 $z$ 、 $\phi$  の 3 軸のみを考慮して、適切な結合のための位置合わせ方法を検討する。

【0019】まず、 $z$  軸方向の位置合わせは完了していると仮定し、 $y$ 、 $z$ 、 $\phi$  の 3 軸のうちで最も煩雑な  $\phi$  方向につき、本発明に係る位置合わせ方法について説明す

る。ここで理想的な結合が行われたとき、導波光は集光部 9 の線分の長さとはほぼ等しい幅で伝搬し、従って導波光の強度分布は、例えば 11 のようになる。一方、図 3 に示した例のように集光部 9 の線分とコア層 1 とが互いに傾いている場合、すなわち  $\phi$  方向にずれがある場合を想定する。このとき、集光部 8 の線分とコア層 1 とが交わる部分でのみ導波光が発生する。このため、図 2 に比べて幅の狭い導波光となり、導波光の強度分布は 11 のようになる。

【0020】ここで、光源、またはホログラムカード 10 を y 軸方向に動かすと、導波光の強度分布におけるピーク位置が左右方向 (x 方向) にずれる。この導波光強度分布 11 のピーク位置がずれる状態を示したのが図 4 で、図 4 は、図 3 に示した図を光進行方向に見たときの 4 つの模式図と、これらの模式図に対応する導波光強度分布を示す 4 つの図を並べて示している。図 4 において、左側の上下 2 つの図は、光源が角度  $\phi$  だけ正の方向に傾いている場合を示している。上側の図が元の状態で、光源の傾きのために集光部 8 とコア層端面 12 とが交わる部分でのみ結合が起こり、グラフが示すように導波光の幅が限定されている様子を示す。ここで、矢印に示すように光源を上方 (y の正方向) に移動させる。すると、下側の図が示すように、集光部 9 は元の位置よりも左側でコア層端面 12 と交差するため、導波光強度分布のピーク位置は x 軸の負方向にずれる。

【0021】一方、図 4 における右側の上下 2 つの図は、光源が  $\phi$  の負の方向に傾いている場合で、先と全く同様に y 軸の正方向に光源を移動させても、導波光強度分布のピーク位置は逆に x 軸の正方向にずれる。このときのピーク位置のずれを  $\Delta x$  とすると、

【数 1】

$$\Delta x = -\frac{\Delta y}{\tan \phi} \quad (1)$$

となる。したがって、光源を y 軸方向に動かしたとき、導波光強度分布のピーク位置がどちらにどれだけ動くかを測定できれば、次式により、光源の傾き  $\phi$  を逆算することができる。

【数 2】

$$\phi = -\arctan \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (2)$$

以上より、 $\phi$  の補正ができることが分かる。 $\phi$  の位置合わせが完了すれば、後の y 軸方向の位置合わせは簡単である。導波光の全パワーは、例えば図 2、3、4 の導波光強度分布を位置で定積分して得られるが、この全パワーが最大となるのが最適な y 方向の相対位置である。

【0022】また、これまでの説明では z 軸方向の位置合わせが完了していることを前提としたが、粗い z 軸方向の位置決めには、 $\phi$  と y 軸方向の位置は固定したまま、光源の z 軸方向の位置調整により、最大の導波光全

パワーが得られるようにすればよい。この方法では導波光全パワーが z 軸方向位置にあまり敏感でない場合があり、この時は位置合わせ精度もあまり上がらない。より精度の高い z 軸方向位置決めには、y 軸方向の移動を併用する。導波光全パワーの変化を観測しながら光源を y 軸方向に移動させていくと、光源が目的とする導波路のコア層付近を通過するときのみ導波光が発生するため、導波光全パワーを光源の y 軸方向移動量 (または位置) の関数としてプロットすると、図 5 に示すような曲線が描かれる。

【0023】しかし、適切な結合が得られる状態から z 軸方向に光源がずれていると、図 5 の曲線において導波光が観測される幅が広がる。従って、図 5 に示す曲線で導波光強度分布のピークの幅が最小になる位置が、z 軸方向に関する最適な位置である。これより、z 軸方向の移動を行って y 軸方向の移動による図 5 に示す曲線を観測する、という作業の繰り返しにより、z 軸方向の位置決めを行うことができる。なお、ここまでは入射光を移動させて行う位置合わせについて説明してきたが、これは本発明を限定するものではなく、当然、ホログラムカードの方を移動させたり、また入射光とカードの双方を移動させても全く同様なことができる。

【0024】本発明の位置合わせ方法を実施するためには、図 2、3、4 に示したような x 軸方向の導波光強度分布を観測することが必須である。これを最も簡便に行うためには、ホログラムカード 10 における光入射端と反対側の出射端で導波光を観測すればよい。導波光強度分布 11 のピークの位置のみ、コア層 1 が光るのが観測できる。ただし、位置合わせ前には理想的な結合ができていないため、大部分の光がクラッド層 2 に漏れる。この光はホログラムカード 10 外に出ることはなく、そのままカード内に閉じ込められて伝搬してホログラムカード 10 の出射端から放射されるため、前述の導波光強度分布を観測する上でノイズとなり、最悪の場合はピークを観測することができない。

【0025】このノイズを低減する方法の一つとして、光吸収性の材料をクラッド層 2 に使う方法がある。入射端でクラッドに光が漏れることがあっても、クラッド層 2 で光が大きく吸収される場合は、このクラッド伝搬光は出射端では殆ど観測されず、ノイズの少ない導波光強度分布の観測が可能となる。しかし、このような方策を取っても、導波光を出射端から観測する方法では、なお困難が残る。これまでの説明では、簡単のために導波路が 1 層のみの場合に限定したが、実際には、ホログラムカード 10 には多数の導波路が積層されている。積層導波路に図 3 に示すように  $\phi$  に関してのホログラムカード 10 と入射光との間に角度ずれがある状態で光を入射すると、集光部 8 は複数の導波路と、それぞれ異なる位置で交わり、したがって出射端では各導波路毎に x 軸方向に関して異なる位置で光る。

【0026】しかし、実際の導波路の間隔は10μmオーダーという狭い間隔であるのが通常であり、各導波路毎に異なる位置で光のを観測するためには、倍率の高い顕微鏡などが必要とされる。倍率が低かったり、あるいは全くレンズを使わずに観測しようとしても、層毎の分離ができないので11のような導波光強度分布のピークは観測されずに、全体が光って観測されてしまう。また、高倍率顕微鏡の使用を許すとしても、自動化するには画像処理技術が必要で、煩雑な処理になる。

【0027】この導波光強度分布を観測するためにホログラムを用いる方法が有効である。この導波路にx軸方向に十分に広いホログラムが備わっていれば、導波光が伝搬する領域のみから回折光が発生する。したがって回折光のx軸方向の分布を観測することにより、導波光強度分布とほぼ同様のものが得られる。ホログラムは高い自由度で回折光の波面を設計することができ、観測の便宜を考慮して適切なホログラムを作製すれば、前記の導波路出射端を観測するときのような困難はなくなる。図6はその一例を示すものであり、ホログラムカード10の上面を見た図である。この例では、通常の情報記録するための情報記録用ホログラム13とは別に導波光強度分布を観測するための導波光強度分布観測用ホログラム14を用意する。

【0028】この導波光強度分布観測用ホログラム14は、多数の導波路層のうちの1つだけに作り込み、さらに、この図に示したようにホログラムカード10の上面から見て、情報記録記録用ホログラム13とは重ならないように配置する。この例のホログラムカード10は、位置合わせをするときには導波光強度分布観測用ホログラム14のみを観測する。図6のホログラムの大きさはmm(ミリメートル)のオーダーであるので、導波光強度分布観測用ホログラム14を情報記録記録用ホログラム13と分離して観測することは簡単であり、例えばCCD撮像素子を用いればレンズなしでも可能である。導波光強度分布観測用ホログラム14の領域には1層のみしかホログラムがないので、導波路層における出射端を観測する場合のように複数の導波路の光強度分布が同時に見えることはなく、特別な顕微鏡なしで傾き角φの同

$$\frac{A_2}{\{(z-z_0)^2 + f^2\}^{\frac{1}{4}}} \exp \left[ -j \frac{2\pi}{\lambda_0} \left\{ (z-z_0)^2 + f^2 \right\}^{\frac{1}{2}} + j\beta z \right] \quad (4)$$

で表されるホログラムがある。A2は任意複素定数、λ0は真空中での光の波長、z0とfは実定数である。この

$$\frac{A_2}{\{(z-z_0)^2 + (y_0 + f - y)^2\}^{\frac{1}{4}}} \exp \left\{ -j \frac{2\pi}{\lambda_0} \left\{ (z-z_0)^2 + (y_0 + f - y)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (5)$$

なるスカラー光電磁場で表される回折光を発生させる。

定が可能となる。

【0029】なお、この方法では1層のみの傾き角補正しかできないが、通常のホログラムカードでは各層間での傾き角φのばらつきは非常に小さく、全ての層につき個別に傾き角補正をしなければならないということは殆どない。導波光強度分布観測用ホログラム14には、いろいろな形態がありうるが、データ処理の便宜を考慮すると、x軸方向には大きく変化しない関数で表されるものが好ましい。例えば、複素フェイザー表示で

【数3】

$$A_1 \exp(j\beta z) \quad (3)$$

なる関数で表されるようなホログラムが代表である。A1は任意複素定数、jは虚数単位、βは導波路の伝搬定数である。このホログラムはx軸方向には全く変化しない。

【0030】図7(a)、(b)は共に、導波光強度分布観測用ホログラムの導波層に光を入れたときの回折光の様子を示すもので、白い破線内部がホログラム領域である。図7(a)は、図2のように入射光が適切に位置合わせされた場合の様子を示し、入射光の幅より内側ではほぼ均一に光る。図7(b)は図3のようにφについて傾きがある場合で、光が伝搬する領域のみが光るのが観測できる。なお、図7のような回折光強度パターンが観測されるのは、ホログラムカードに近接した平面内で観測を行った場合である。回折光は、ホログラムカードから伝搬してゆくうちに自由空間での回折現象により、少しずつ強度パターンを変えてゆく。特に、図7(b)のような細い線状のパターンは、次第に線の幅が広がってゆく傾向にある。このためにあまり離れた平面内で観測を行うと、レンズを使わない限り分解能が下がり、したがって傾き角φを推測する精度も落ちる。

【0031】しかし、数mm程度ならばホログラムカードから離れた場所で観測を行っても十分な精度が得られることが多い。離れた平面内での観測を前提とした導波光強度分布観測用ホログラム14の例として、関数

【数4】

ホログラムは、

【数5】

ここでy0は導波路面のy座標である。この光は、z=

$z0$ 、 $y = y0 + f$  の直線上に集光する円筒面波である。

【0032】位置合わせの初期には入射光が効率よく導波路に結合していないため、回折光は通常よりも暗いために検出が困難な場合がある。しかしこのホログラムでは、導波路面と平行で距離  $f$  だけ離れた平面内で回折光が直線状に集光されることから、光強度が非常に強く、検出することが容易であるという特長がある。また、 $f$  を調整すれば、情報記録用ホログラムの再生像と同時に、同じ平面内で、1 個の CCD 撮像素子で観測することも可能である。さらにこの場合、観測する平面内で導波光強度分布観測用ホログラムの回折光と情報記録用ホログラムからの回折光が重ならないようにさえ設計してあれば、図 6 とは違ってホログラム同士は部分的あるいは全体が重なっていても良い。これは、高密度に情報を集積するときに有利な特長である。

【0033】次に、平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予め情報記録用ホログラムが作製され、かつ前記平面導波路の少なくとも一つに、前記導波路内を伝搬する導波光の強度分布を観測するための導波光強度分布観測用ホログラムが予め記録されたホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法について図 8 乃至図 10 を参照して説明する。なお、ホログラムカード 10 と、光源（図示せず）からホログラムカードへの入射光 4 との位置関係を示す  $x y z$  直交座標系の  $x$ 、 $y$ 、 $z$  軸、及び  $z$  軸回りの回転角  $\Phi$  は、図 2 と同様である。すなわち、導波光の進行方向を  $x y z$  直交座標系の  $z$  軸とし、前記平面導波路の法線方向を  $y$  軸とし、 $z$  軸と  $y$  軸との双方に垂直な方向を  $x$  軸としたとする。本実施の形態では、ホログラム情報記録媒体 10 を固定し、入射光 4 を移動させることにより両者の位置合わせを行うものとする。

【0034】図 8 において、まず、ステップ 100 及びステップ 101 で、図 12 に示すようにホログラム情報記録媒体 10 における平面導波路に予め作製された導波光強度分布観測用ホログラム 14 を含む導波路を探索する。ステップ 100 において、コンピュータのメモリに導波光強度の  $y$  軸方向の測定開始位置  $y0$  と、前記情報記録媒体 10 と前記入射光 4 とのうちの一方の  $y$  軸方向への単位移動量である移動ステップ  $\Delta y$  とを初期設定する。次いで、ステップ 101 における処理 A を実行する。この処理 A は、導波光強度分布観測用ホログラム 14 による回折光の結像面 15 におけるパワーのピーク（ピークの中心位置  $y_p$ 、ピーク幅  $2w$ ）を検出する処理であり、そのフローを図 9 に示す。

【0035】図 9 において、まず、コンピュータのメモリより前記初期設定値を読み出し、入射光 4 を前記測定開始位置  $y0$  に移動させる（ステップ 200）。次いで、測定開始位置  $y0$  から  $y$  軸方向に移動ステップ  $\Delta y$  だけ移動する毎に導波光強度分布観測用ホログラムから得られる結像面上での回折光のパワー  $P$  を次式（6）に

より演算する（ステップ 201、202）。

【数 6】

$$P = \int_{x_0}^{x_1} \int_{z_0}^{z_1} I(x, z) dz dx = \int_{x_0}^{x_1} J(x) dx \quad (6)$$

ステップ 201、202 の処理を  $(L+1)$  回、繰り返し実行する。このステップ 201、202 の処理を  $(L+1)$  回、繰り返し実行することにより  $y$  軸上の測定位置  $y0$ 、 $y + \Delta y$ 、 $y + 2\Delta y$ 、 $\dots$ 、 $y + L\Delta y$  に対する回折光パワーのデータ  $P0$ 、 $P1$ 、 $P2$ 、 $\dots$ 、 $PL$  を得る。

【0036】次いで、ステップ 201、202 の処理を  $(L+1)$  回、繰り返し実行することにより得た測定位置のデータ  $y0$ 、 $y + \Delta y$ 、 $y + 2\Delta y$ 、 $\dots$ 、 $y + L\Delta y$  と、回折光パワーのデータ  $P0$ 、 $P1$ 、 $P2$ 、 $\dots$ 、 $PL$  との関係からこれらのデータを次式に示す誤差関数にフィッティングさせる。

【数 7】

$$P = A \exp \left\{ -\frac{(y - y_p)^2}{w^2} \right\} \quad (7)$$

式（7）より導波光強度分布観測用ホログラムから得られる結像面上での回折光のパワーの変化曲線  $P$  におけるピークの大きさ  $A$ 、ピークの中心位置  $y_p$ 、ピーク幅  $2w$  を得る。次に、図 8 に戻り、ステップ 102 で、測定開始位置  $y0$  と移動ステップ  $\Delta y$  の再設定を行う。

【0037】さらに、ステップ 103 では、ホログラム情報記録媒体 10 と前記入射光 4 とのうちのいずれか一方（本実施の形態では入射光 4）の  $z$  軸方向への移動と、ステップ 101 の処理（処理 A）とを繰り返し行うことにより  $w$  が最小となるように前記  $z$  軸方向に移動させたホログラム情報記録媒体 10、または前記入射光 4 の  $z$  軸方向への移動調整を行う。このようにして、ステップ 102 とステップ 103 の処理によりホログラム情報記録媒体 10、または前記入射光 4 の  $z$  軸方向の大まかな位置合わせを行う。ステップ 103 の処理により導波光強度分布観測用ホログラムから得られる結像面上での回折光のパワーの変化曲線  $P$  におけるピークの大きさ  $A$ 、ピークの中心位置  $y_p$ 、ピーク幅  $2w$  を得て、測定開始位置  $y0$  と移動ステップ  $\Delta y$  の再設定を行う（ステップ 104）。

【0038】次に、ステップ 105 では、入射光 4 の傾き  $\Phi$  の推定処理（処理 B）を行う。ステップ 105 の具体的処理内容を図 10 に示す。図 10 において、まず、コンピュータのメモリより前記初期設定値を読み出し、入射光 4 を前記測定開始位置  $y0$  に移動させる（ステップ 300）。次いで、測定開始位置  $y0$  から  $y$  軸方向に移動ステップ  $\Delta y$  だけ移動する毎に導波光強度分布観測用ホログラム 14 からの回折光の結像面内での  $x$  軸方向

の強度分布  $J(x)$  を次式 (8) により演算する (ステップ 301、302)。

【数 8】

$$J(x) = \int_{z_0-c}^{z_0+c} I(x, z) dz \quad (8)$$

【0039】このとき、得られた  $x$  軸方向の強度  $J$

( $x$ ) に測定開始位置  $x_0$  を含む  $x$  軸方向における測定位置  $x_0, x + \Delta x, x + 2\Delta x, \dots, x + N\Delta x$  に対する  $J(x)$  の演算データ  $J_0, J_1, J_2, \dots, J_N$  を得る。次に、 $x$  軸上の測定位置  $x_0, x_0 + \Delta x, x_0 + 2\Delta x, \dots, x_0 + N\Delta x$  に対するデータ  $J_0, J_1, J_2, \dots, J_N$  との関係からこれらのデータを次式に示す誤差関数にフィッティングさせ、導波光強度分布観測用ホログラム 14 からの回折光の結像面内での  $x$  軸方向の強度分布  $J(x)$  のピークが得られる  $x$  軸方向の測定位置  $x_p$  を得る (ステップ 303)。

【数 9】

$$J(x) = \alpha \exp \left\{ -\frac{(x - x_p)^2}{u^2} \right\} \quad (9)$$

上述したステップ 302、303 の処理を ( $M+1$ ) 回、繰り返し実行した後、最終的に  $y$  軸方向の各測定位置  $y_0, y_0 + \Delta y, y_0 + 2\Delta y, \dots, y_0 + M\Delta y$  に対する導波光強度分布観測用ホログラム 14 からの回折光の結像面内での  $x$  軸方向の強度  $J(x)$  のピーク値  $x_p, 0, x_p, 1, x_p, 2, \dots, x_p, M$  を得る。

$$A_1 \exp \left[ \left( \frac{z - z_0}{\sigma} \right)^2 - j \frac{2\pi}{\lambda_0} \left\{ (z - z_0)^2 + f^2 \right\}^{\frac{1}{2}} + j\beta z \right] \quad (11)$$

このホログラムは、入射光が適切に位置合わせされているときには、式 (4) のホログラムと同様に導波路面から距離  $f$  だけ離れた平面内で  $z = z_0$  の位置に直線状の再生像を生成する。式 (4) とは指数関数の前の係数が異なるが、この部分は  $z$  に関して殆ど変化しない関数であるので無視した。

【0043】また、式 (11) における指数関数内の第一項はノイズ除去に有効である。 $\sigma$  は 0.4 mm、 $f$  は 4 mm、 $\lambda_0$  は 680 nm とした。また、ホログラムサイズは  $x$  軸方向にも  $z$  軸方向にも 1 mm で、 $z_0$  は  $z$  軸方向の幅の中央に置いた。その他の定数はホログラムカードの製作条件に依存し、厳密には測定していない。図 11 に示す写真は、位置合わせ後のこのホログラムによる再生像の観測例である。このホログラムを、図 12 に示すようにホログラムカード 10 の最上層の導波路に設置した。ホログラムカード 10 のその他の層には、情報記録用のホログラムを設置し、その再生像は全て、式

【0040】次に、軸方向の各測定位置  $y_0, y_0 + \Delta y, y_0 + 2\Delta y, \dots, y_0 + M\Delta y$  と  $J(x)$  のピーク値が得られる  $x$  軸方向の測定位置  $x_p, 0, x_p, 1, x_p, 2, \dots, x_p, M$  との関係からこれらのデータを次式 (10) に示す演算式にフィッティングさせる (ステップ 304)。すなわち、誤差関数から得られる前記回折光の  $x$  軸方向の強度分布  $J(x)$  のピーク値が得られる  $x$  軸上の測定位置  $x_p$  と、対応する  $y$  軸方向の測定値との関係を示す式 (10) の特性曲線を求め、式 (10) よりホログラム情報記録媒体 10 に対する光源からの入射光 4 の傾き、すなわち傾斜角  $\phi$  を求める。

【数 10】

$$x_p = a - \frac{1}{\phi} y \quad (10)$$

【0041】上式 (10) において、 $x_p$  は導波光強度分布観測用ホログラム 14 からの回折光の結像面内での  $x$  軸方向の強度  $J(x)$  のピーク値、 $y$  は  $y$  軸方向の測定位置、 $\phi$  はホログラム情報記録媒体 10 に対する光源からの入射光の傾斜角、 $a$  は定数である。再度、図 8 に戻り、傾斜角  $\phi$  が零となるように入射光 4 の傾斜角  $\phi$  が零となるようにホログラム情報記録媒体 10、または入射光 4 の角度調整を行う角度調整を行う (ステップ 106)。

【0042】次に、本発明に係る位置合わせ方法の実施例について説明する。本実施例では、導波光強度分布観測用のホログラムには、次式で表されるものを用いた。

【数 11】

(11) のホログラムが結像する面と同じ結像面 15 で結像するように設計した。さらに、全ての情報記録用ホログラムの再生像は、式 (11) により表されるホログラムが像を結ぶ  $z_0$  付近の領域から少し離れた場所で結像するようにした。また、各導波路の間隔は約 20  $\mu$  m とした。

【0044】次に、このホログラムカード 10 の位置合わせを、本発明の方法を用いて行った例について説明する。ホログラムカード 10 を情報読み出し装置に取り付けた直後に光を入射すると、どの層からの回折も非常に弱く、再生像を観測することはできなかった。そこで、図 12 の結像面 15 内で  $z = z_0$  付近の光パワーを観測しながら、 $+y$  軸方向に 10  $\mu$  m 単位で入射光を移動していった。このときの  $y$  軸方向における移動量に対する光パワーをプロットしたグラフが図 13 である。このグラフを誤差関数 (Gaussian) にフィッティングさせることにより、光パワーのピークが約 170  $\mu$  m の



位置にあり、したがってその付近で入射光が最上層の導波路によく結合することが分かった。

【0045】そこで、この付近にy座標の原点を移して、図13と同様な移動量に対する光パワー変化をもう少し詳細に測定した。この結果が図14である。このグラフについて誤差関数フィッティングを行うと、 $1/e$ 全幅は約 $30\mu\text{m}$ であった。次に、入射光を+z方向に $500\mu\text{m}$ 移動した後、同様な作業を繰り返して図14と同様なグラフを得、フィッティングすると $1/e$ 全幅は約 $25\mu\text{m}$ であった。引き続き、入射光を-z方向に $250\mu\text{m}$ 移動したところ、 $1/e$ 全幅は約 $15\mu\text{m}$ であった。さらに、この付近でz軸方向に移動させては $1/e$ 全幅を測定したが、最小が約 $15\mu\text{m}$ であったため、当初の位置から入射光を+z軸方向に $250\mu\text{m}$ 移動させた場所がz軸方向に関しては適切であると仮定できた。ここでのy軸方向移動量に対する光パワーの変化を図15に示す。以上で、入射光y軸方向とz軸方向の大まかな位置合わせが完了した。

【0046】この時点での、導波光強度分布観測用のホログラムの再生像の例を図16に示す。この図では、図12の例のようにホログラム領域全体が光っておらず、一部のみ明るい。これは、まだ傾斜角 $\phi$ が補正されていないため、図3に示したように導波路中には狭い幅でしか光が伝搬していないことを表す。図17には、図16の光強度分布をz軸方向に積分した値がプロットされている。曲線はフィッティングした誤差関数で、この場合は $0.67\text{mm}$ の位置にピークがある。ここでy軸方向に入射光を移動させると、導波光強度のピークが

(1)式に従って移動するため、図17のような再生像の強度のピーク位置も移動するのが観測された。

【0047】図18は、入射光のy軸方向の移動に伴うピーク位置の移動を示す。傾斜角 $\phi$ が非常に小さいとき、式(2)より、

【数12】

$$\phi \approx -\frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (12)$$

と、傾斜角 $\phi$ は、ほぼ図18の直線の傾きで近似される。これより、43分の傾きがあることが推測されたため、これに従って入射光の角度補正を行った。図19は、角度補正後に図14や図15と同様にy軸方向の移動量に対する光パワー変化を観測した結果である。 $1/e$ 全幅は $5.6\mu\text{m}$ と、角度補正によって図15よりも大幅に改善されていることが分かった。図20は、図19のピーク中心位置で観測した導波光強度分布観測用ホログラムの再生像で、こちらも角度補正前の再生像である図16と比較して改善され、x軸方向のホログラムの幅いっぱいまで明るい領域が広がっている。

【0048】以上でホログラムカード10に対する入射光の傾斜角 $\phi$ の位置決めが完了した。この後、z軸方向の位置決めをさらに精度良く行っても良いが、本実施例

では特に必要ではなかった。引き続き、ホログラムカード10における上から2番目の導波路のホログラム情報を読み出すため、入射光4を-y軸方向へ $20\text{mm}$ 移動させた。この付近でy軸方向に移動させながら、図12における画像表示領域16の内部の光パワーを観測したところ、図19と全く同様な振る舞いをした。光パワーのピークが得られる位置では、ほぼ設計通りの再生像が観測され、ホログラムカード10と入射光4との適切な位置合わせができていたことが確認された。以下、同様な作業をホログラムカード10における他の導波路層についても行ったが、予め用意された10層全てについて同様なことが確認された。

【0049】なお、上述した本発明の実施の形態に係るホログラム情報記録媒体と該情報記録媒体に対するホログラム再生用の入射光との位置合わせ方法を、プログラムとして記述し、これをコンピュータにより実行させることにより上記位置合わせ方法を実施してもよい。

【0050】すなわち、平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予め情報記録用ホログラムが作製され、かつ前記平面導波路の少なくとも一つに、前記導波路内を伝搬する導波光の強度分布を観測するための導波光強度分布観測用ホログラムが予め記録されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記情報記録用ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記情報記録用ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うための、コンピュータにより実行されるホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムであって、該プログラムは、前記導波光の進行方向をxyz直交座標系のz軸とし、前記平面導波路の法線方向をy軸とし、z軸とy軸との双方に垂直な方向をx軸としたときに、コンピュータのメモリに導波光強度のy軸方向の測定開始位置 $y_0$ と、前記情報記録媒体と前記入射光とのうち一方のy軸方向への移動ステップ $\Delta y$ とを初期設定する第1の処理と、前記メモリより前記初期設定値を読み出し、前記情報記録媒体と前記入射光とのうちいずれか一方を前記測定開始位置 $y_0$ に移動させ、該測定開始位置 $y_0$ からy軸方向に移動ステップ $\Delta y$ だけ移動する毎に導波光強度分布観測用ホログラムから得られる結像面上での回折光のパワーPを演算する第2の処理と、第2の処理により得られたy軸方向の各測定位置と前記回折光のパワーPの値との関係から前記回折光のパワーの変化曲線におけるピークの中心位置 $y_p$ 、ピーク幅 $2w$ 及び高さAを求める第3の処理と、前記情報記録媒体と前記入射光とのうちいずれか一方のz軸方向への移動と、前記第2、第3の処理とを繰り返すことによりwが最小となるように前記z軸方向に移動させた前記情



報記録媒体、または前記入射光の  $z$  軸方向への移動調整を行う第 4 の処理と、前記  $z$  軸方向への移動調整を行った前記情報記録媒体、または前記入射光について測定開始位置  $y_0$  より  $y$  軸方向に  $\Delta y$  だけ移動する毎に前記導波光強度分布観測用ホログラムからの回折光の結像面内での  $x$  軸方向の強度分布  $J(x)$  を求め、次いで  $x$  軸方向の各測定位置に対する前記強度分布  $J(x)$  との関係性を求め、これを誤差関数にフィッティングさせ、強度分布  $J(x)$  のピーク値  $x_{p,0}$ 、 $x_{p,1}$ 、 $\dots$ 、 $x_{p,M}$  を得る第 5 の処理と、前記  $z$  軸方向への移動調整を行った前記情報記録媒体、または前記入射光を、 $y$  軸方向に  $\Delta y$  だけ移動する毎に第 5 の処理で得られた誤差関数から得られる前記回折光の  $x$  軸方向の強度分布  $J(x)$  のピーク値が得られる  $x$  軸上の位置  $x_{p,0}$ 、 $x_{p,1}$ 、 $\dots$ 、 $x_{p,M}$  と、対応する  $y$  軸方向の測定位置  $y_0$ 、 $y_0 + \Delta y$ 、 $\dots$ 、 $y_0 + M\Delta y$  との関係を示す特性曲線を求める第 6 の処理と、第 6 の処理により得られた特性曲線の傾きから前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである  $z$  軸を中心とする回転角  $\phi$  を求め、該回転角  $\phi$  が零になるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う第 7 の処理とからなることを特徴とするプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録し、この記録媒体に記録されたホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによりホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法を実施するようにしてもよい。

【0051】また、面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うための、コンピュータにより実行されるホログラム情報記録媒体の位置合わせプログラムであって、前記導波光の進行方向を  $x y z$  直交座標系の  $z$  軸とし、前記平面導波路の法線方向を  $y$  軸とし、 $z$  軸と  $y$  軸との双方に垂直な方向を  $x$  軸としたときに、該プログラムは、前記情報記録媒体、または前記入射光のうち一方を  $y$  軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の  $y$  軸方向の移動量、前記導波光または回折光の強度分布におけるピーク位置の  $x$  軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである  $z$  軸を中心とする回転角  $\phi$  を求め、該回転角  $\phi$  が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行う機能をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録し、この記録媒体に記録されたホログラム情報記録

媒体の位置合わせプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによりホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法を実施するようにしてもよい。

【0052】なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OS や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フロッピー（登録商標）ディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM 等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。

【0053】さらに、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの（伝送媒体ないしは伝送波）、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

【0054】また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であっても良い。

【0055】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、平面導波路を内部構造として有し、該平面導波路内に予めホログラムが作製されたホログラム情報記録媒体に、光源からの出射光を入射し、該平面導波路に伝搬する導波光が前記平面導波路内における前記ホログラムによって回折され、回折された光を観測することによって前記ホログラムに含まれる情報を読み出し可能に構成されたホログラム情報記録媒体の再生時におけるホログラム情報記録媒体と前記光源からホログラム情報記録媒体への入射光との位置決めを行うに際し、前記導波光の進行方向を  $x y z$  直交座標系の  $z$  軸とし、前記平面導波路の法線方向を  $y$  軸とし、 $z$  軸と  $y$  軸との双方に垂直な方向を  $x$  軸としたときに、前記情報記録媒体、または前記入射光のうち一方を  $y$  軸方向に移動させ、このときの該情報記録媒体、または前記入射光の  $y$  軸方向の移動量、前記導波光または回折光の強度分布におけるピーク位置の  $x$  軸上における移動方向及び移動量に基づいて前記情報記録媒体と、前記入射光との傾きである  $z$  軸を中心とする回転角  $\phi$  を求め、該回転角  $\phi$  が零となるように前記情報記録媒体、または前記入射光の角度調整を行うようにしたので、ホログラム情報記録媒体と、光源からホログラムの導波路に入射される光との位置合わせを自動的に、かつ精密に行うことができ、それゆえ再生画像の劣化が防止され、またはデジタル情報の誤り発生を著しく抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 再生専用多重ホログラムカードの構造と情報再生時の状態を示す説明図。

【図 2】 ホログラムカードの入射光に対する導波光強度分布を  $x y z$  直交座標系と共に示す説明図。

【図 3】 ホログラムカードに対する入射光が傾いたときのホログラムカードの導波光強度分布を示す説明図。

【図 4】 ホログラムカードへの入射光の移動によって導波光強度分布のピークがずれる様子を示す説明図。

【図 5】 入射光またはホログラムカードの  $y$  軸方向への移動に伴う導波光全パワーの変化状態を示す特性図。

【図 6】 ホログラムカードにおける、情報記録用ホログラムと導波光強度分布観測用ホログラムとの配置例を示す説明図。

【図 7】 ホログラムによる導波光強度分布観測例を示す説明図。

【図 8】 本発明の実施の形態に係るホログラム情報記録媒体の位置合わせ方法の手順を示すフローチャート。

【図 9】 図 9 に示すフローチャートにおける処理 A の具体的内容を示すフローチャート。

【図 10】 図 9 に示すフローチャートにおける処理 B の具体的内容を示すフローチャート。

【図 11】 本発明の実施例におけるホログラム情報記録媒体における導波光強度分布観測用ホログラムによる回折光の結像面内での観測例を示す図。

【図 12】 本発明の実施例におけるホログラムカードの再生時の結像状態を示す説明図。

【図 13】 本発明の実施例でのホログラムカードに対する入射光の  $y$  軸方向の移動に伴う導波光全パワーの変化状態を示す特性図。

【図 14】 本発明の実施例においてホログラムカードに対する入射光の  $y$  軸方向の移動に伴う導波光全パワーの変化状態を詳細に調べた結果を示す特性図。

【図 15】 本発明の実施例においてホログラムカードに対する入射光の  $z$  軸方向の位置合わせを行った後に、入射光の  $y$  軸方向の移動に伴う導波光全パワーの変化を

詳細に調べた結果を示す特性図。

【図 16】 本発明の実施例においてホログラムカードに対する入射光の  $z$  軸方向における位置合わせ直後の導波光強度分布観測用ホログラムの回折像観測例を示す図。

【図 17】 本発明の実施例においてホログラム観測による導波光強度分布の観測例を示す図。

【図 18】 本発明の実施例において  $y$  軸方向の移動量と導波光強度分布の  $x$  軸方向のピーク位置の移動量との関係を示す特性図。

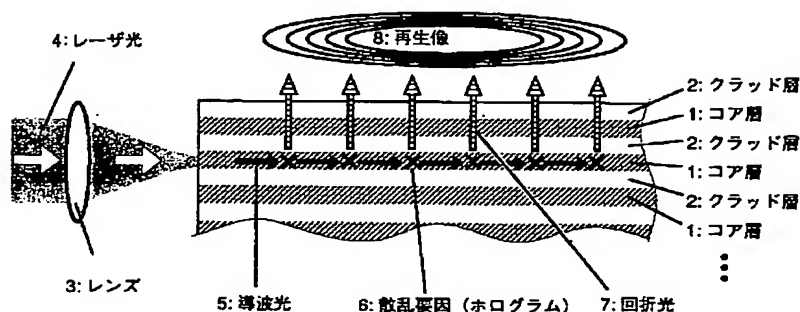
【図 19】 本発明の実施例においてホログラムカードに対する入射光の傾斜角  $\phi$  の補正後に、射光の  $y$  軸方向の移動に伴う導波光全パワーの変化状態を詳細に調べた結果を示す特性図。

【図 20】 本発明の実施例においてホログラムカードに対する入射光の傾斜角  $\phi$  の補正後の導波光強度分布観測用ホログラムの回折像の観測例を示す図。

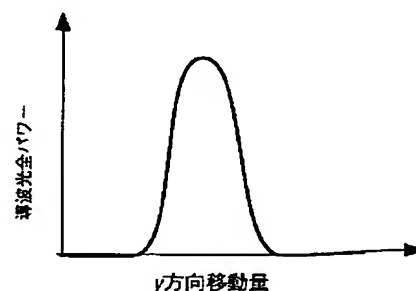
【符号の説明】

- 1 コア層
- 2 クラッド層
- 3、3A レンズ
- 4 レーザ光
- 5 導波光
- 6 散乱要因 (ホログラム)
- 7 回折光
- 8 再生像 (ホログラム像)
- 9 集光部
- 10 ホログラムカード
- 11 導波光強度分布
- 12 : コア層端面
- 13 : 情報記録用ホログラム
- 14 : 導波光強度分布観測用ホログラム
- 15 : 結像面
- 16 : 情報記録用ホログラムの再生画像表示領域

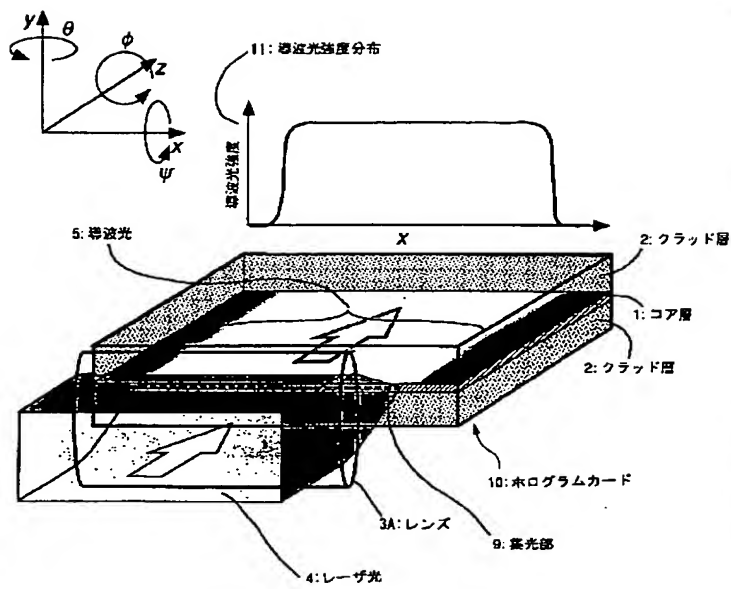
【図 1】



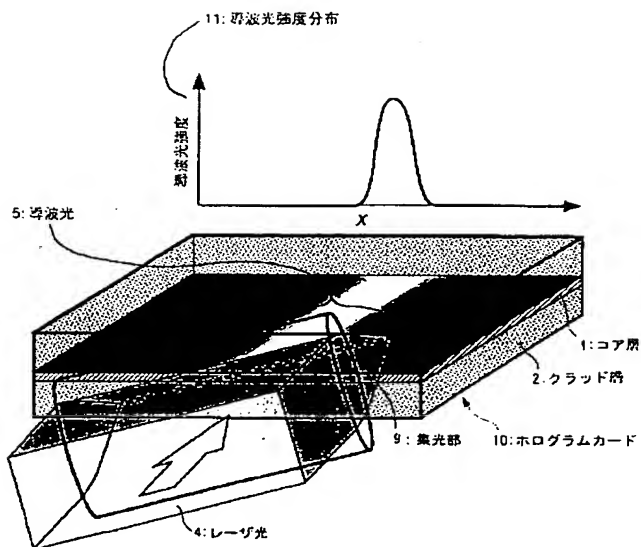
【図 5】



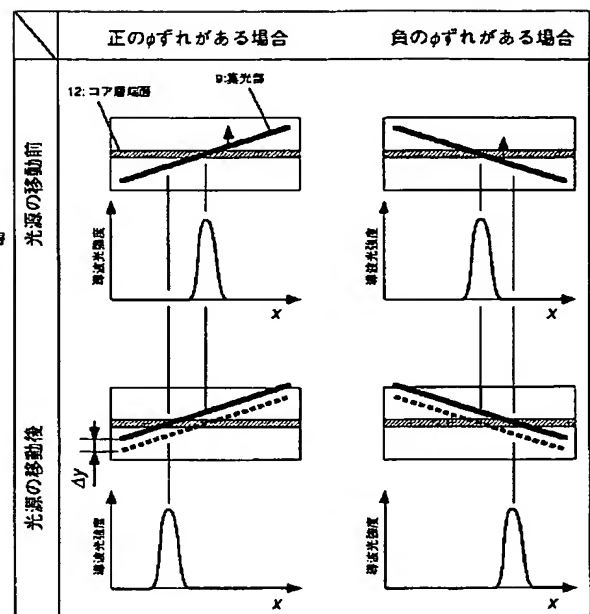
【図 2】



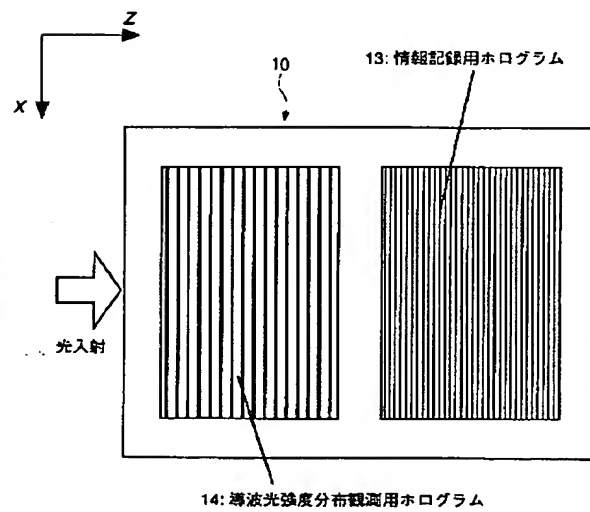
【図 3】



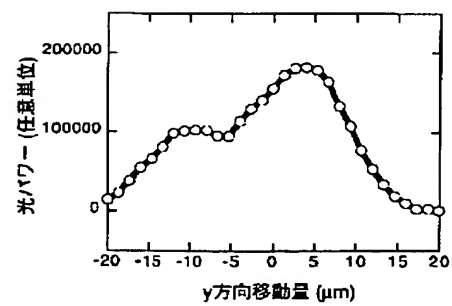
【図 4】



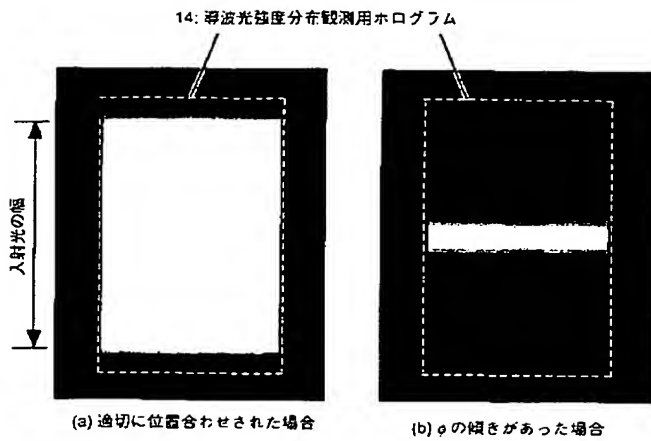
【図 6】



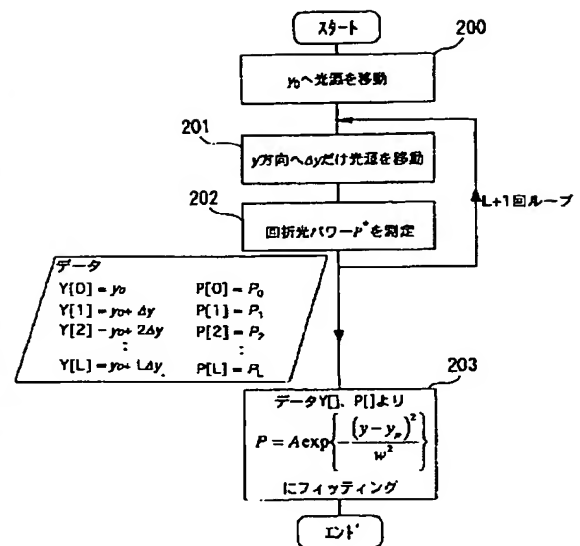
【図 14】



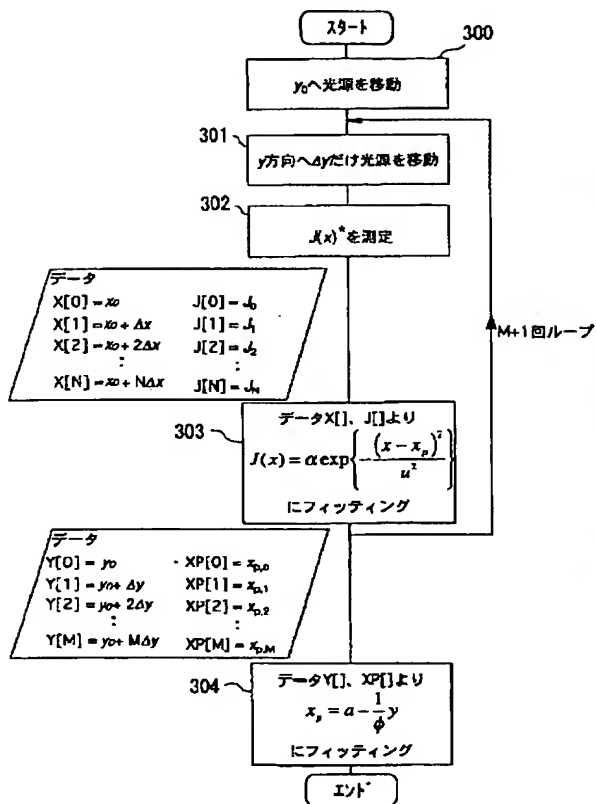
【図7】



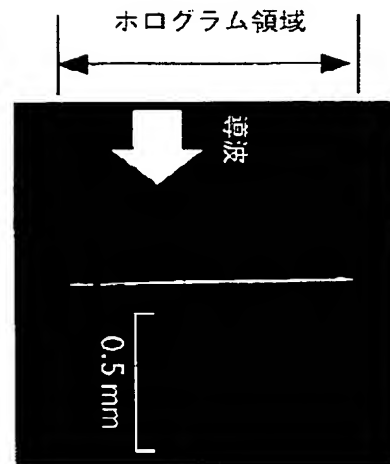
【図9】



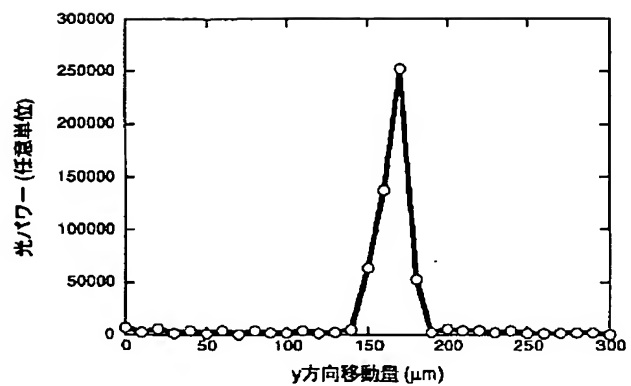
【図10】



【図11】

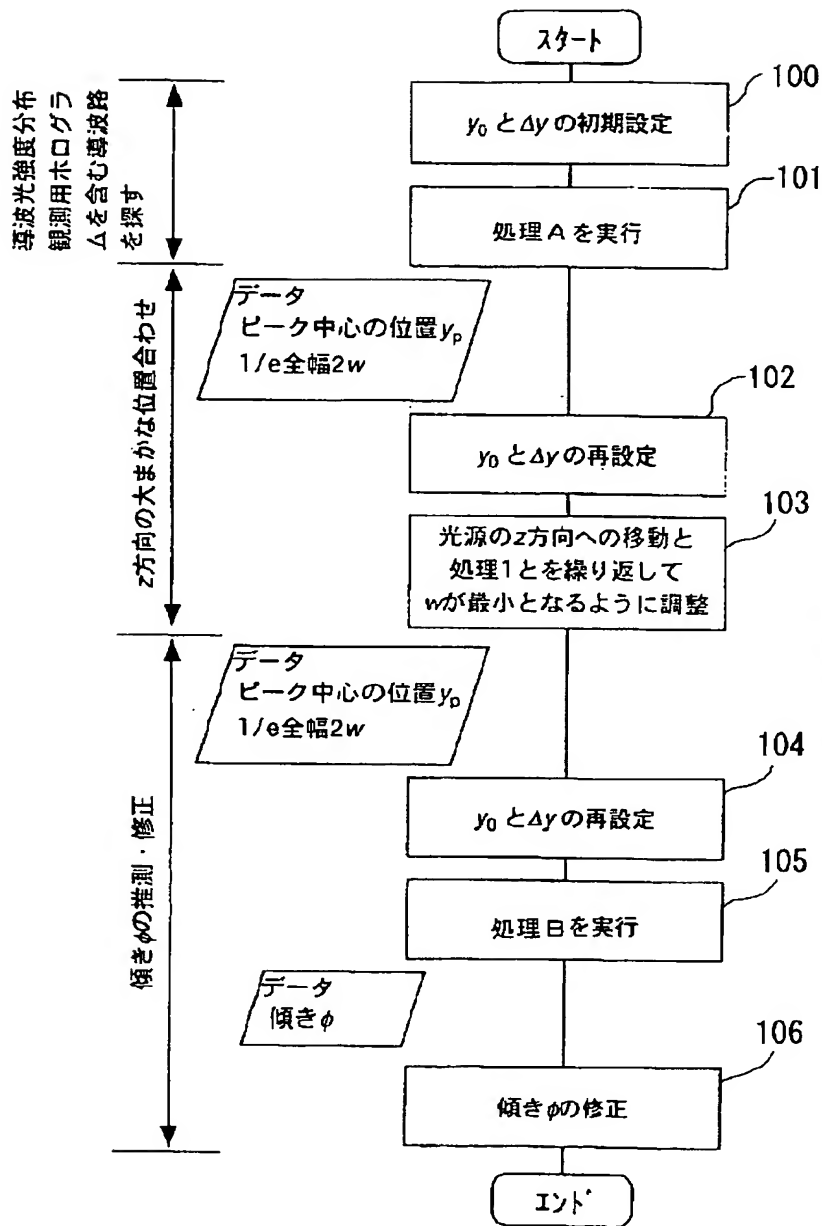


【図13】

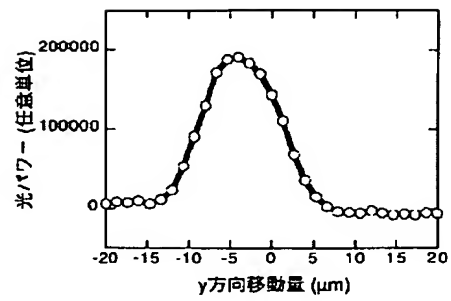


BEST AVAILABLE COPY

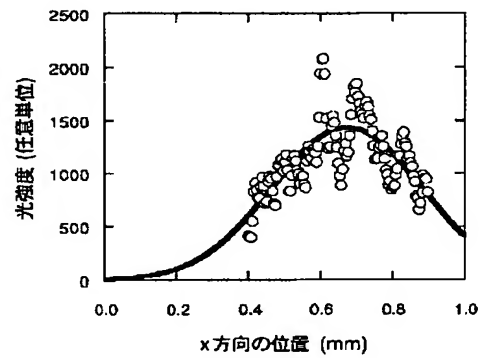
【図 8】



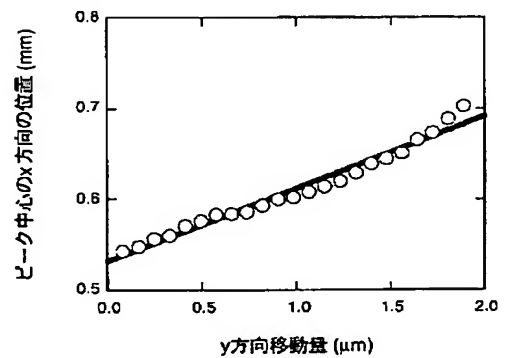
【図 15】



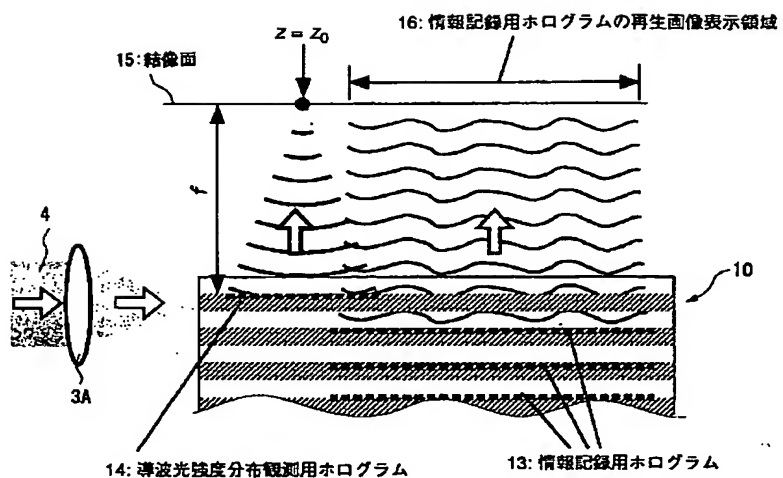
【図 17】



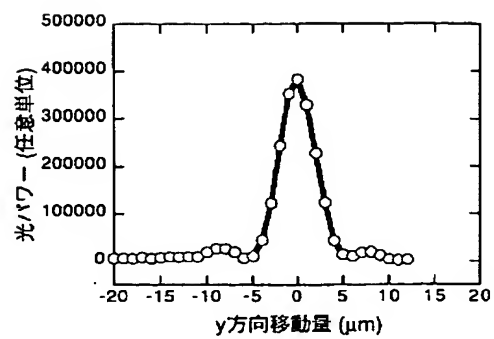
【図 18】



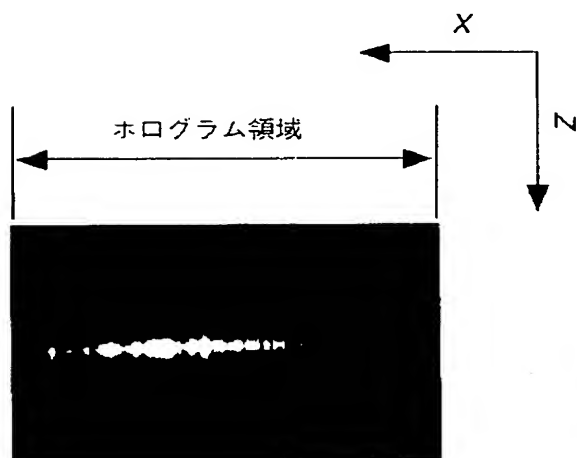
【図 12】



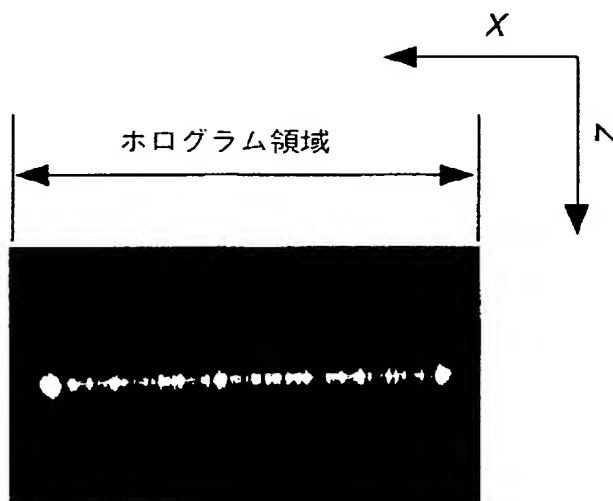
【図 19】



【図 16】



【図 20】



BEST AVAILABLE COPY